

(19) RÉPUBLIQUE FRANÇAISE  
INSTITUT NATIONAL  
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE  
PARIS

(11) N° de publication : **2 706 627**  
(à n'utiliser que pour les commandes de reproduction)

(21) N° d'enregistrement national : **93 07181**

(51) Int Cl<sup>s</sup> : G 01 T 1/29, 1/167, G 01 V 5/00

12

# **DEMANDE DE BREVET D'INVENTION**

A1

**22 Date de dépôt :** 15.06.93.

### 30 Priorité

**(71) Demandeur(s) : S.T.M.I. Société des TECHNIQUES  
EN MILIEU IONISANT — FR.**

④ Date de la mise à disposition du public de la demande : 23.12.94 Bulletin 94/51.

**56** Liste des documents cités dans le rapport de recherche préliminaire : Se reporter à la fin du présent fascicule.

**60 Références à d'autres documents nationaux apparentés :**

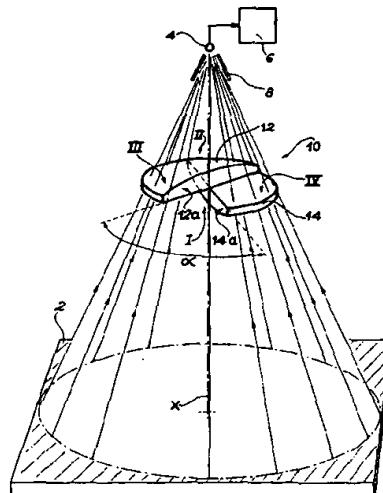
**(72) Inventeur(s) :** Porcher Jean Baptiste et Haedrich  
Hugues

**73) Titulaire(s) :**

#### 74 Mandataire : Brevatome.

54) Dispositif de réduction du flux d'un rayonnement, notamment gamma, et ensemble de détection du rayonnement utilisant ce dispositif.

57 Ce dispositif comprend une pièce (12, 14) atténuant le rayonnement et pourvue d'une ouverture s'étendant du bord de la pièce jusqu'au centre de celle-ci, et des moyens de rotation de la pièce autour d'un axe qui passe par le centre de celle-ci. En faisant coïncider cet axe avec l'axe (X) de l'angle solide de détection, en plaçant la pièce de façon que la totalité du rayonnement compris dans cet angle solide traverse la pièce et l'ouverture de celle-ci et en faisant tourner la pièce, l'angle solide de détection est balayé en totalité au bout d'un tour de la pièce. L'ensemble de détection comprend ce dispositif (10), un détecteur (4) du rayonnement et un collimateur (8) du rayonnement.



ER 2706627 - A1



DISPOSITIF DÉ REDUCTION DU FLUX D'UN RAYONNEMENT,  
NOTAMMENT GAMMA, ET ENSEMBLE DE DETECTION DU  
RAYONNEMENT UTILISANT CE DISPOSITIF

5 La présente invention concerne un dispositif de réduction du flux d'un rayonnement, notamment  $\gamma$ , et un ensemble de détection du rayonnement utilisant ce dispositif.

10 Lorsqu'on mesure l'activité d'une source de rayonnement, et en particulier l'activité d'une source intense, il est connu de réduire le flux du rayonnement issu de la source avant de détecter celui-ci.

15 Pour ce faire, il est connu, notamment dans le domaine de la spectrométrie  $\gamma$ , d'interposer des écrans fixes entre la source de rayonnement et un détecteur de ce rayonnement.

20 Ceci présente toutefois l'inconvénient de modifier la "géométrie de la mesure" et notamment de dégrader le spectre en énergie de la source de rayonnement surtout pour les faibles énergies, une conséquence de ce phénomène étant la perte totale 25 d'information sur certains radioéléments émetteurs de faible énergie.

La présente invention a pour but de remédier à cet inconvénient en proposant un dispositif qui permet de réduire le flux d'un rayonnement sans modifier la géométrie de la mesure et en particulier en conservant une information exploitable dans le domaine des faibles énergies.

30 Ceci signifie que la même fonction de transfert (que l'on calcule et qui permet de trouver l'activité de la source de rayonnement à partir de l'information fournie par le détecteur) est utilisable avec le dispositif de l'invention ou sans ce 35 dispositif.

Ce dispositif est particulièrement utile dans le cas de la mesure de forts taux de comptage, afin de ne pas saturer la chaîne de détection utilisée pour la mesure.

5 De façon précise, la présente invention a pour objet un dispositif de réduction du flux d'un rayonnement que l'on veut détecter dans un angle solide appelé angle solide de détection, ce dispositif étant caractérisé en ce qu'il comprend :

10 - une pièce apte à atténuer le rayonnement et pourvue d'une ouverture s'étendant du bord de la pièce jusqu'au centre de celle-ci, et  
- des moyens de rotation de la pièce autour d'un axe qui est appelé axe de la rotation et qui passe par

15 le centre de celle-ci,

de sorte qu'en faisant coïncider cet axe avec l'axe de l'angle solide de détection, en plaçant la pièce de façon que la totalité du rayonnement compris dans cet angle solide traverse la pièce et l'ouverture de celle-  
20 ci et en faisant tourner la pièce autour de l'axe de rotation, l'angle solide de détection est balayé en totalité au bout d'un tour de la pièce.

Afin de simplifier la réalisation de ce dispositif, l'ouverture de la pièce est de préférence  
25 délimitée par des bords rectilignes contenant l'axe de rotation.

Selon un mode de réalisation particulier du dispositif objet de l'invention, dont la réalisation est simple, la pièce comprend deux demi-disques qui ont  
30 le même diamètre et le même axe, celui-ci formant l'axe de rotation, l'un de ces demi-disques recouvrant l'autre en partie, de sorte que les bords respectifs de l'ouverture sont dans des plans diamétraux des demi-disques, ce qui définit quatre secteurs, à savoir un secteur correspondant à l'ouverture, un autre secteur  
35

correspondant au recouvrement des demi-disques et deux autres secteurs correspondant chacun à une partie d'un demi-disque non recouverte par l'autre demi-disque.

De préférence, ce dispositif comprend en 5 outre des moyens de variation de l'angle délimité par les bords de l'ouverture de la pièce, afin de pouvoir régler cet angle à une valeur souhaitée.

Selon un mode de réalisation préféré du dispositif objet de l'invention, les faces respectives 10 des demi-disques, faces qui ne se recouvrent pas en partie, ont une convexité telle que, dans chaque secteur, l'épaisseur de pièce traversée par le rayonnement est constante, quel que soit l'angle d'incidence du rayonnement par rapport à l'axe de 15 rotation.

Ceci permet de réduire les incertitudes relatives à la mesure de l'intensité du rayonnement.

La présente invention est particulièrement utile pour la réduction du flux d'un rayonnement  $\gamma$ .

20 Ladite pièce est alors apte à atténuer ce rayonnement  $\gamma$ .

Cependant, l'invention est également utilisable pour réduire le flux d'un rayonnement X ou 25 d'un rayonnement situé dans l'ultraviolet lointain ou encore d'un rayonnement  $\beta$  de forte énergie.

La présente invention a également pour objet un ensemble de détection d'un rayonnement, cet ensemble comprenant :

- un détecteur du rayonnement,
- 30 - un collimateur qui délimite un angle solide de détection du rayonnement, et
- un dispositif de réduction du flux du rayonnement, qui est placé en face de ce collimateur, cet ensemble étant caractérisé en ce que le dispositif 35 est celui qui fait l'objet de la présente invention, en

ce que l'axe de rotation de la pièce que comprend le dispositif est confondu avec l'axe de l'angle solide de détection et en ce que cette pièce est placée de façon que la totalité du rayonnement compris dans l'angle 5 solide de détection traverse cette pièce et l'ouverture de celle-ci.

La présente invention sera mieux comprise à la lecture de la description d'un exemple de réalisation donné ci-après à titre purement indicatif 10 et nullement limitatif, en faisant référence aux dessins annexés sur lesquels :

- la figure 1 est une vue schématique et partielle d'un ensemble de détection de rayonnement utilisant un dispositif conforme à 15 l'invention, et
- la figure 2 est une vue en coupe schématique d'un dispositif conforme à l'invention utilisable dans l'ensemble représenté sur la figure 1.

20 L'ensemble conforme à l'invention, qui est schématiquement représenté sur la figure 1, est destiné à la mesure d'un rayonnement  $\gamma$  issu d'une source étendue 2 de rayonnement  $\gamma$ , c'est-à-dire une source distribuée dans l'espace (source  $\gamma$  volumique ou 25 surfacique).

Cet ensemble comprend :

- un détecteur 4 de rayonnement  $\gamma$  associé à une chaîne 30 6 de spectrométrie  $\gamma$ ,
- un collimateur 8 en forme de cône dont l'axe porte la référence X et qui délimite un angle solide de détection du rayonnement  $\gamma$ , l'axe de l'angle solide étant l'axe X, et
- un dispositif 10 de réduction du flux du rayonnement  $\gamma$  conforme à l'invention, qui est placé en face de 35 ce collimateur 8.

Ce dispositif 10 permet de réduire le flux du rayonnement  $\gamma$  qui est issu de la source 2 (par exemple constituée par un colis) et qui arrive sur le détecteur 4 collimaté, sans modifier la géométrie de la  
5 mesure.

Ce dispositif 10, qui est schématiquement représenté en coupe sur la figure 2, comprend une pièce constituée de deux demi-disques 12 et 14 que l'on voit sur la figure 1.

10 Ces deux demi-disques 12 et 14 sont faits d'un matériau de forte densité, par exemple le tungstène, de manière à pouvoir atténuer le rayonnement  $\gamma$ .

15 Dans l'exemple représenté, l'épaisseur des demi-disques est suffisante pour que l'atténuation des rayonnements  $\gamma$  d'énergies inférieures à 2500 keV soit au moins égale à 100.

20 Cette épaisseur peut être choisie de façon que l'atténuation des rayonnements  $\gamma$  de 2100 keV soit supérieure à 500.

25 Comme on le voit sur la figure 1, les demi-disques 12 et 14 ont le même diamètre et le même axe (par "axe d'un demi-disque" on entend l'axe du disque complet correspondant), cet axe formant l'axe de la pièce et étant confondu avec l'axe X de l'angle solide de détection.

30 Comme on le voit sur la figure 1, l'un des demi-disques, référencé 12, recouvre partiellement l'autre demi-disque 14 est se trouve ainsi en regard du détecteur 4 tandis que l'autre demi-disque 14 est compris entre le demi-disque 12 et la source 2 de rayonnement  $\gamma$ .

35 Du fait de ce recouvrement partiel d'un demi-disque par rapport à l'autre, la pièce constituée par ces deux demi-disques comporte une ouverture dont

les bords respectifs sont dans des plans diamétraux 12a, 14a des demi-disques, ces plans diamétraux contenant l'axe X.

On définit ainsi quatre secteurs, à savoir  
5 un secteur I qui correspond à l'ouverture et dont l'angle est noté  $\alpha$ , un autre secteur II qui correspond au recouvrement des demi-disques et dont l'angle vaut également  $\alpha$ , un secteur III correspondant à une partie du demi-disque 12 non recouverte par le demi-disque 14  
10 et un secteur IV correspondant à une partie du demi-disque 14 non recouverte par le demi-disque 12.

On voit sur la figure 1 que la face inférieure (plane) du demi-disque 12 est dans le même plan que la face supérieure (également plane) du demi-disque 14.  
15

De plus, le dispositif conforme à l'invention comprend des moyens de variation de l'angle  $\alpha$ , moyens qui seront décrits en faisant référence à la figure 2.

20 Ce dispositif conforme à l'invention comprend aussi des moyens de rotation de l'ensemble des deux demi-disques 12 et 14 autour de l'axe X qui constitue également l'axe de la pièce, ces moyens étant également décrits plus en détail par la suite en  
25 faisant référence à la figure 2.

Au cours de cette rotation, l'angle  $\alpha$  (écart angulaire entre les deux demi-disques) reste constant.

Les moyens de réglage de cet angle  $\alpha$   
30 permettent de faire varier celui-ci entre  $0^\circ$  et  $180^\circ$ .

Ainsi, il est possible de faire varier l'obturation de l'angle solide de détection de la moitié de cet angle solide jusqu'à sa totalité.

En outre, comme on le voit sur la figure 1,  
35 l'ensemble des deux demi-disques 12 et 14 est placé par

rappor au détecteur 4 de rayonnement  $\gamma$ , de façon que la totalité du rayonnement  $\gamma$  compris dans l'angle solide de détection traverse les deux demi-disques et l'ouverture délimitée par ceux-ci.

5           Ainsi, en considérant un cercle qui est situé au niveau des demi-disques 12 et 14, dont l'axe est l'axe X et dont le diamètre est égal au diamètre de ces demi-disques 12 et 14, ce cercle entoure le cône qui délimite l'angle solide de détection.

10           Dans ces conditions, cet angle solide de détection est balayé en totalité au bout d'un tour de la pièce constituée par les demi-disques 12 et 14.

15           Au bout d'un tour de l'ensemble des demi-disques, le flux direct  $\Phi(E)$  (correspondant au rayonnement  $\gamma$  non diffusé), "vu" par le détecteur 4, pour une énergie E du rayonnement  $\gamma$ , peut être défini de la façon suivante :

$$\Phi(E) = \left( \frac{\alpha}{2\pi} \Phi_0(E) \right) + \left( \frac{\pi - \alpha}{\pi} \Phi_0(E) \cdot A(E) \right) + \left( \frac{\alpha}{2\pi} \Phi_0(E) \cdot (A(E))^2 \right)$$

20           où  $\Phi_0(E)$  représente le flux au niveau du détecteur 4 sans le dispositif conforme à l'invention qui permet de réduire le flux du rayonnement  $\gamma$  d'énergie E, et

25           A(E) représente l'atténuation de chaque demi-disque pour des rayonnements  $\gamma$  d'énergie E, cette atténuation étant déterminée avant la mesure du rayonnement  $\gamma$  et prise en compte dans le calcul du flux.

30           La formule ci-dessus permet, à partir du flux mesuré  $\Phi(E)$ , de déterminer le flux  $\Phi_0(E)$  et donc d'utiliser la fonction de transfert calculée sans le dispositif.

Le dispositif 10 conforme à l'invention est schématiquement représenté en coupe sur la figure 2, suivant un plan contenant l'axe X.

Ce dispositif comprend une première bague 5 dentée 16 qui entoure et maintient le demi-disque 12 et une deuxième bague dentée 18 qui entoure et maintient le demi-disque 14.

La première bague dentée 16 est montée tournante sur la deuxième bague dentée 18 grâce à un 10 roulement à billes 20, tandis que cette deuxième bague dentée 18 est montée tournante sur un support 22, formant le support du dispositif, grâce à un autre roulement à billes 24.

On voit également sur la figure 2 des 15 moyens 26 de réglage de l'angle  $\alpha$  défini plus haut et d'immobilisation du demi-disque 12 par rapport au demi-disque 14 lorsque l'angle  $\alpha$  a été réglé à la valeur souhaitée.

Ces moyens 26, qui sont réalisables par 20 l'homme du métier, comprennent un bouton moleté 28 qui est rigidement solidaire d'un pignon 30 dont l'axe de rotation Y est parallèle à l'axe X et dont la rotation entraîne la bague dentée 16 en rotation autour de l'axe X.

25 Le pignon 30 est muni d'un mécanisme non représenté permettant de bloquer la rotation de ce pignon 30 et donc de bloquer la rotation de la bague dentée 16 par rapport à la bague dentée 18, lorsque la valeur  $\alpha$  souhaitée est obtenue.

30 On voit également sur la figure 2 des moyens 32 de rotation de l'ensemble des demi-disques 12 et 14 autour de l'axe X.

35 Ces moyens de rotation 32 comprennent un moteur 34 qui est monté sur le support 22 et qui entraîne en rotation, autour d'un axe Z parallèle à

l'axe X, grâce à une courroie 36, un autre pignon 38 qui entraîne à son tour en rotation la bague dentée 18.

Dans l'exemple représenté sur les figures 1 et 2, la face supérieure du demi-disque 12, qui est le plus proche du détecteur 4, et la face inférieure du demi-disque 14, qui est le plus éloigné de ce détecteur 4, sont convexes, la convexité de ces faces étant calculée de telle façon que, dans chacun des secteurs I à IV, l'épaisseur de la pièce constituée par les deux demi-disques 12 et 14, épaisseur traversée par le rayonnement  $\gamma$  compris dans l'angle solide de détection et atteignant le détecteur 4, soit constante, quel que soit l'angle d'incidence de ce rayonnement  $\gamma$  par rapport à l'axe X de la pièce.

Une telle convexité de ces faces est très importante lorsque le collimateur a un grand angle d'ouverture.

De plus, cette convexité impose une position bien déterminée du dispositif 10 de réduction de flux par rapport au détecteur 4.

En ce qui concerne la précision sur la mesure (qui est fixée par les utilisateurs du dispositif), on ajoute que, si la vitesse de rotation de l'ensemble des deux demi-disques est grande, c'est-à-dire si le nombre de tours effectués pendant un temps donné (temps de comptage) est important, ce nombre de tours peut être entier ou non.

Au contraire, si cette vitesse de rotation est faible, c'est-à-dire si le nombre de tours effectués pendant le temps de comptage fixé par les utilisateurs est faible, il convient que ce nombre de tours soit entier pour avoir une bonne précision de mesure.

De plus, il convient que la distance entre le détecteur 4 et l'ensemble des deux demi-disques 12

et 14 soit telle que les effets de bord sur les demi-disques puissent être considérés comme négligeables.

Il est à noter que l'utilisation d'un détecteur 4 "ponctuel" permet de négliger ces effets de bord sur les demi-disques.

5 Ce dispositif conforme à l'invention est simple et permet de réduire le flux de rayonnement  $\gamma$  direct "vu" par un détecteur de spectrométrie  $\gamma$  collimaté de façon importante.

10 A titre purement indicatif et nullement limitatif, on obtient un rapport  $\Phi(E)/\Phi_0(E)$  peu différent de 1/36 pour un angle  $\alpha$  de l'ordre de 10° et une épaisseur millième d'atténuation, ou peu différent de 1/26 pour ce même angle  $\alpha$  mais une épaisseur 15 centième d'atténuation.

Cette réduction du flux direct est réalisée sans modifier la géométrie de mesure et sans induire un flux important de rayonnement diffusé, du fait de l'emploi d'un matériau dense tel que le tungstène.

20 De plus, les corrections à apporter au flux lors du dépouillement du spectre obtenu avec la chaîne de mesure 6 sont simples (aucun calcul théorique nécessitant l'emploi de code de calcul n'a besoin d'être effectué) et n'induit que de très faibles 25 incertitudes.

On peut établir avec une grande précision l'atténuation du dispositif.

Le réglage mécanique de l'angle  $\alpha$  peut être obtenu avec une grande précision.

30 Lorsque le détecteur peut être considéré comme ponctuel les effets de bord sont négligeables.

## REVENDICATIONS

1. Dispositif de réduction du flux d'un rayonnement que l'on veut détecter dans un angle solide appelé angle solide de détection, ce dispositif étant caractérisé en ce qu'il comprend :
  - une pièce (12, 14) apte à atténuer le rayonnement et pourvue d'une ouverture s'étendant du bord de la pièce jusqu'au centre de celle-ci, et
  - des moyens (32) de rotation de la pièce autour d'un axe qui est appelé axe de rotation et qui passe par le centre de celle-ci,de sorte qu'en faisant coïncider cet axe avec l'axe (X) de l'angle solide de détection, en plaçant la pièce de façon que la totalité du rayonnement compris dans cet angle solide traverse la pièce et l'ouverture de celle-ci et en faisant tourner la pièce autour de l'axe de rotation, l'angle solide de détection est balayé en totalité au bout d'un tour de la pièce.
2. Dispositif selon la revendication 1, caractérisé en ce que l'ouverture de la pièce (12, 14) est délimitée par des bords rectilignes contenant l'axe de rotation.
3. Dispositif selon la revendication 2, caractérisé en ce que la pièce comprend deux demi-disques (12, 14) qui ont le même diamètre et le même axe, celui-ci formant l'axe de rotation, l'un de ces demi-disques recouvrant l'autre en partie, de sorte que les bords respectifs de l'ouverture sont dans des plans diamétraux des demi-disques, ce qui définit quatre secteurs, à savoir un secteur (I) correspondant à l'ouverture, un autre secteur (II) correspondant au recouvrement des demi-disques et deux autres secteurs (III, IV) correspondant chacun à une partie d'un demi-disque non recouverte par l'autre demi-disque.

4. Dispositif selon la revendication 3, caractérisé en ce qu'il comprend en outre des moyens (26) de variation de l'angle ( $\alpha$ ) délimité par les bords de l'ouverture de la pièce.

5 5. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 3 et 4, caractérisé en ce que les faces respectives des demi-disques, faces qui ne se recouvrent pas en partie, ont une convexité telle que, dans chaque secteur (I à III), l'épaisseur de pièce 10 traversée par le rayonnement est constante, quel que soit l'angle d'incidence du rayonnement par rapport à l'axe de rotation.

15 6. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, caractérisé en ce que la pièce (12, 14) est apte à atténuer le rayonnement  $\gamma$ .

7. Ensemble de détection d'un rayonnement, cet ensemble comprenant :

- un détecteur (4) du rayonnement,
- un collimateur (8) qui délimite un angle solide de 20 détection du rayonnement, et
- un dispositif (10) de réduction du flux du rayonnement, qui est placé en face de ce collimateur (8),

cet ensemble étant caractérisé en ce que le dispositif 25 (10) est conforme à l'une quelconque des revendications 1 à 6, en ce que l'axe de rotation de la pièce que comprend le dispositif est confondu avec l'axe (X) de l'angle solide de détection et en ce que cette pièce (12, 14) est placée de façon que la totalité du 30 rayonnement compris dans l'angle solide de détection traverse cette pièce et l'ouverture de celle-ci.

1/2

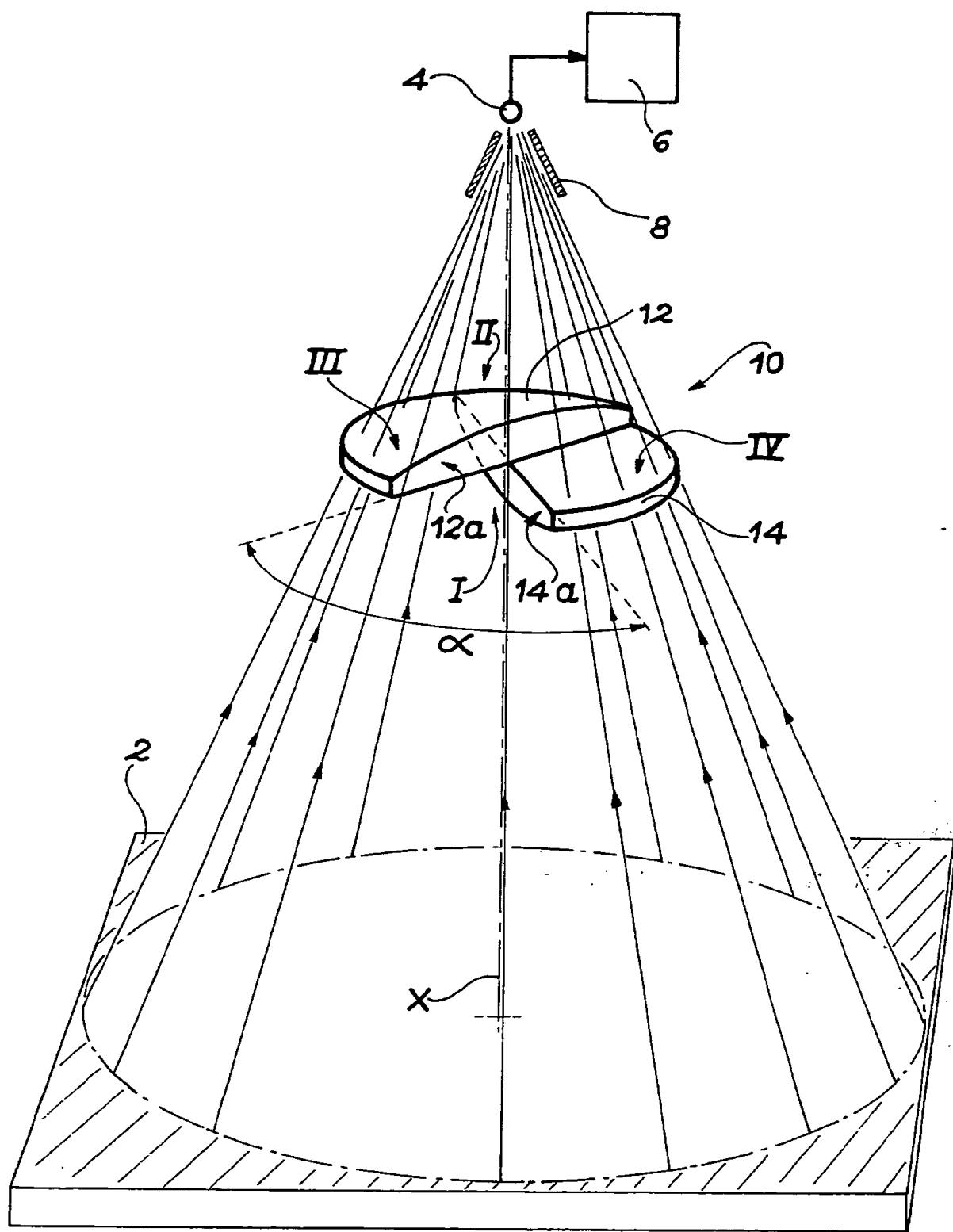


FIG. 1

2/2

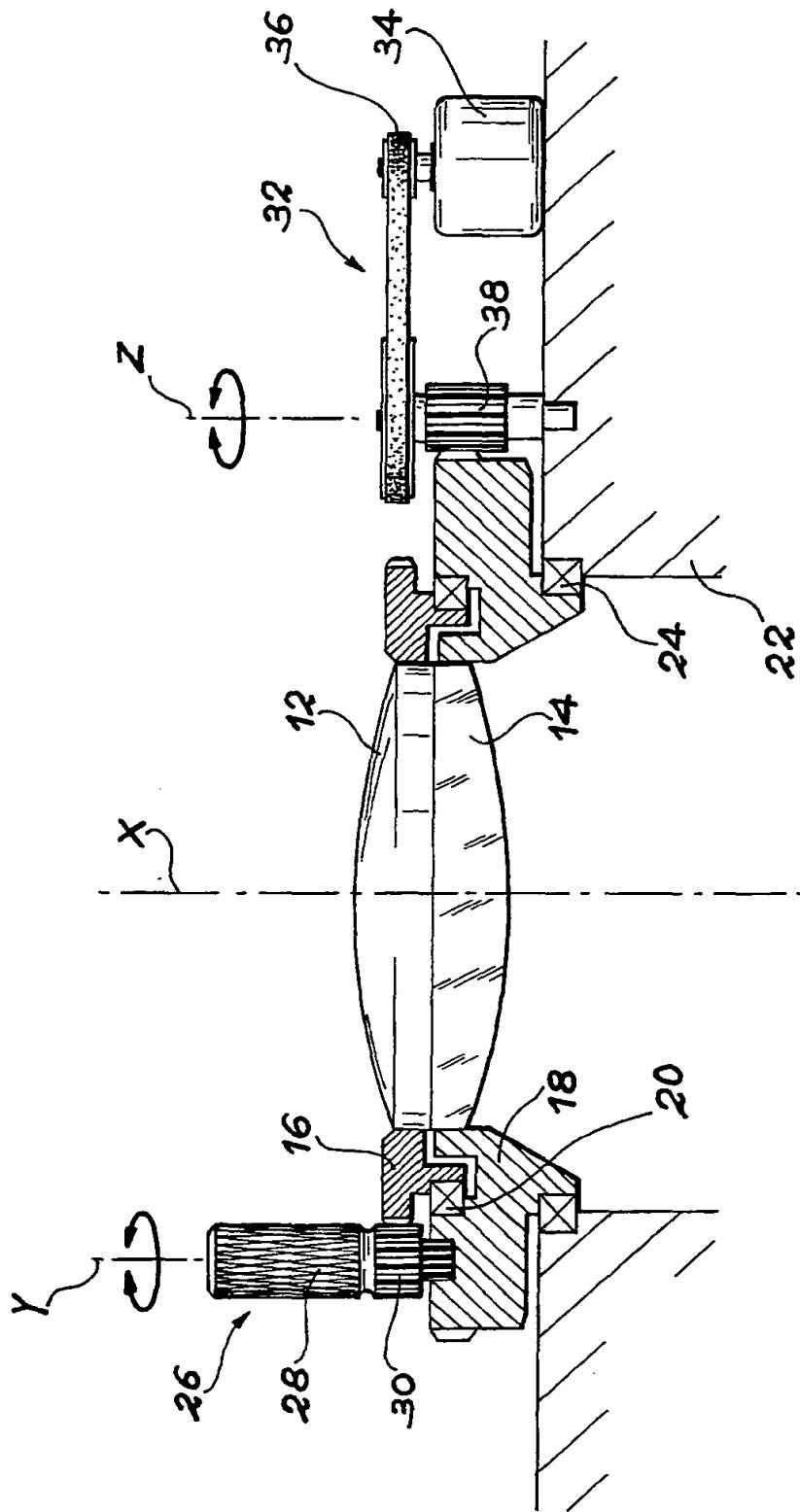


FIG. 2

RAPPORT DE RECHERCHE  
PRELIMINAIREétabli sur la base des dernières revendications  
déposées avant le commencement de la recherche2706627  
N° d'enregistrement  
nationalFA 491193  
FR 9307181

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		Revendications concernées de la demande examinée
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	
A	US-A-5 107 529 (BOONE, J M) * colonne 1, ligne 61 - colonne 2, ligne 17 * * colonne 3, ligne 58 - colonne 5, ligne 12 * * colonne 7, ligne 45 - ligne 52 * * figures *	1-7
A	US-A-4 591 231 (KAISER M & STIEPEK W) * colonne 1, ligne 34 - colonne 2, ligne 7 * -----	1
DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int.CLS)		
G01T G21K		
1		
Date d'achèvement de la recherche		Examinateur
17 Mars 1994		Datta, S
<b>CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES</b> <p>X : particulièrement pertinent à lui seul  Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie  A : pertinent à l'encontre d'au moins une revendication ou arrière-plan technologique général  O : divulgation non-écrite  P : document intercalaire</p>		
T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant		

FRENCH REPUBLIC

Publication no.: 2 706 627  
(only use for reproduction orders)

NATIONAL INSTITUTE  
FOR PATENT RIGHTS

National registration no.: 93 07181

PARIS

Int. cl<sup>3</sup> : G 01 T 1/29, 1/167, G 01 V 5/00

## PATENT APPLICATION

A1

Date of filing : 15.06.93

Applicant(s) : S.T.M.I. Society for TECHNIQUES IN  
IONISING ENVIRONMENT - FR

Priority :

Date of publication : 23.12.94  
Bulletin 94/51.

Inventor(s) : Porcher Jean Baptiste and Haedrich  
Hugues.

List of documents quoted in the  
preliminary research report : Refer to  
end of the present section

References to other associated  
national documents :

Holder(s) :

Representative : Brevatome.

Device for reducing radiation flux, especially gamma, and radiation detection appliance using this device.

This device comprises one part (12, 14) reducing the radiation and provided with an aperture extending from the edge of the part to the centre of the part, and means of rotating the part around an axis passing through the centre of the latter. By causing this axis to coincide with the axis (X) of the solid detection angle, and placing the part so that the totality of the radiation included in this solid angle crosses the part and the aperture in the latter, and by rotating the part, the solid detection angle is totally scanned at the end of one rotation of the part. The detection appliance includes this device (10), a radiation detector (4) and a radiation collimator (8).

DEVICE FOR REDUCING RADIATION FLUX, ESPECIALLY GAMMA,  
AND RADIATION DETECTION APPLIANCE USING THIS DEVICE



The present invention concerns a device for reducing radiation flux, especially gamma, and a radiation detection appliance using this device.

When the activity of a radiation source, and especially the activity of an intense source, is measured, it is known to reduce the radiation flux emanating from the source before detecting the said flux.

To do this, it is known, especially in the field of gamma spectrometry, to interpose fixed screens between the radiation source and a detector of this radiation.

However, this has the inconvenience of modifying the "measurement geometry" and particularly of degrading the energy spectrum of the radiation source, especially in the case of low energies, a consequence of this phenomenon being the total loss of information on certain radioelements issuing weak energy.

The aim of the present invention is to remedy this inconvenience by proposing a device which allows the radiation flux to be reduced without modifying the measurement geometry and especially while preserving information which can be used in the field of weak energies.

This means that the same transfer function (which is calculated and enables the activity of the radiation source to be determined from the information supplied by the detector) can be used either with or without the invention device.

This appliance is particularly useful when measuring high counting rates, so as not to saturate the detection system used for the measurement.

In precise terms, the present invention aims to provide a device to reduce radiation flux which needs to be detected in a solid angle termed a solid detection angle, the said device being characterised in that it has :

- a part capable of reducing the radiation and provided with an aperture extending from the edge of the part to the centre of the latter; and
- means of rotating the part around an axis termed the axis of rotation, and which passes through the centre of the part,

in such a manner that by causing this axis to coincide with the solid detection angle, by placing the part so that the totality of the radiation included in the said solid angle crosses the part and the aperture in the latter, and by rotating the part around the axis of rotation, the solid detection angle is totally scanned at the end of one rotation of the part.

To simplify the design of the device, the aperture in the part is preferably defined by rectilinear edges containing the axis of rotation.

In one particular design of the device, the part has two half-discs of the same diameter and with the same axis, the latter forming the axis of rotation, one of the said half-discs partially covering the other, so that the respective aperture edges are in diametric planes of the half-discs, which defines four sectors, that is, a sector corresponding to the aperture, another sector corresponding to the covering of the half-discs, and two other sectors each corresponding to a part of a half-disc not covered by the other half-disc.

This device preferably also includes means of varying the angle defined by the edges of the



aperture in the part, so this angle may be regulated to a desired value.

In one preferred embodiment of the device forming the subject of the invention, the respective faces of the half-discs, faces which are not partially covered, are convex in form, so that in each sector, the part thickness traversed by the radiation is constant, whatever the angle of incidence of the radiation in relation to the axis of rotation.

This reduces the uncertainties relating to measurement of the radiation intensity.

The present invention is particularly useful in reducing gamma radiation flux.

The said part is thus capable of reducing this gamma radiation.

However, the invention can also be used to reduce a radiation flux X or a radiation situated in the far ultraviolet or a high energy beta radiation.

The aim of the present invention is likewise a radiation detection unit, this unit comprising :

- a radiation detector,
- a collimator which defines a solid radiation detection angle, and
- a device for reducing the radiation flux, which is located opposite this collimator,

this unit being characterised in that the device is that which forms the subject of the present invention, in that the axis of rotation of the part which the device includes is merged with the axis of the solid detection angle and in that this part is situated so that the totality of the radiation included in the solid detection angle crosses this part and the aperture in the latter.

The present invention will be better illustrated from the description of a specimen embodiment provided hereafter purely for example purposes and in no way restrictively, referring to the appended diagrams in which :

- figure 1 is a schematic and partial view of a radiation detection unit using a device in conformity with the invention, and
- figure 2 is a schematic section of a device in conformity with the invention which can be used in the unit shown in figure 1.

The unit in conformity with the invention shown schematically in figure 1 is intended for measuring gamma radiation emanating from an extended source 2 of gamma radiation, i.e. a source distributed in space (voluminal or surface gamma source).

This unit comprises :

- a gamma radiation detector 4 associated with a gamma spectrometry system 6,
- a collimator 8 in the form of a cone whose axis is referenced X and forms a solid gamma radiation detection angle, the solid angle axis being the X axis; and
- a device 10 for reducing gamma radiation flux in conformity with the invention, which is situated opposite the said collimator 8.

This device 10 permits reduction of the gamma radiation flux which emanates from the source 2 (for example, constituted by a package) and which arrives at the collimated detector 4, without modifying the measurement geometry.

This device 10, which is shown in schematic section in figure 2, comprises a part formed from two half-discs 12 and 14, shown in figure 1.

These two half-discs 12 and 14 are constructed from a highly dense material, for example,



tungsten, to reduce the gamma radiation.

In the example shown, the thickness of the half-discs is sufficient for the reduction of the gamma radiations of energies lower than 2 500 keV to be equal to at least 100.

This thickness can be selected such that the reduction in gamma radiations of 2 100 keV is greater than 500.

As figure 1 shows, the half-discs 12 and 14 have the same diameter and the same axis ("axis of a half-disc" indicates the axis of the complete corresponding disc), this axis forming the axis of the part and being merged with the axis X of the solid detection angle.

As figure 1 shows, one of the half-discs, reference 12, partially covers the other half-disc 14, and is thus opposite detector 4, whereas the other half-disc 14 is situated between the half-disc 12 and the source 2 of gamma radiation.

Due to this partial covering of one half-disc in relation to the other, the part formed by these two half-discs has an aperture whose respective edges are in the diametric planes 12a, 14a of the half-discs, these diametric planes containing axis X.

Thus, four sectors are defined, that is sector I, which corresponds to the aperture and whose angle is marked  $\alpha$ , another sector II which corresponds to the covering of the half-discs and whose angle likewise equals  $\alpha$ , a sector III corresponding to a part of the half-disc 12 not covered by the half-disc 14 and a sector IV corresponding to a part of the half-disc 14 not covered by the half-disc 12.

Figure 1 shows that the bottom face (flat) of half-disc 12 is in the same plane as the top face (likewise flat) of half-disc 14.

Moreover, the device in conformity with the invention has means of varying the angle  $\alpha$ , the said means being described in reference to figure 2.

This device in conformity with the invention also has means of rotating the assembly of the two half-discs around axis X, which also forms the axis of the part, these means likewise being described in greater detail below in reference to figure 2.

During this rotation, the angle  $\alpha$  (angular variation between the two half-discs) remains constant.

The means of regulating this angle  $\alpha$  enable it to be varied between 0° and 180°.

Thus, the blocking of the solid detection angle can be varied from half the said angle to its totality.

Furthermore, as figure 1 shows, the assembly of the two half-discs 12 and 14 is situated in relation to gamma radiation detector 4 in such a manner that the totality of the gamma radiation included in the solid detection angle crosses the two half-discs and the aperture delimited by these.

Thus, imagining a circle situated at the level of the half-discs 12 and 14, whose axis is axis X and whose diameter is equal to the diameter of these half-discs 12 and 14, the said circle surrounds the cone delimiting the solid detection angle.

Under these conditions, this solid detection angle is totally scanned at the end of one rotation of the part formed by the half-discs 12 and 14.

At the end of one rotation of the assembly of half-discs, the direct flux  $\Phi(E)$  (corresponding to the non-diffused gamma radiation), "seen" by the detector 4, for a gamma radiation energy E, can be



defined in the following manner :

$$\Phi(E) = \left( \frac{\alpha}{2\pi} \Phi_0(E) + \frac{\pi}{2\pi} \right) - \frac{\alpha}{\Phi_0(E) \cdot A(E)} + \left( \frac{\alpha}{2\pi} \Phi_0(E) \cdot (A(E))^2 \right)$$

where  $\Phi_0(E)$  represents the flux at the level of detector 4 without the device in conformity with the invention which permits reduction of the gamma radiation flux of energy E, and

$A(E)$  represents the attenuation in each half-disc for gamma radiations of energy E, this attenuation being determined before measurement of the gamma radiation and taken into account in the flux calculation.

From the measured flux  $\Phi(E)$ , the above formula enables determination of the flux  $\Phi_0(E)$  and thus use of the transfer function calculated without the device.

The device 10 in conformity with the invention is shown in schematic section in figure 2, following a plane containing axis X.

This device includes a toothed ring 16 which surrounds and maintains half-disc 12 and a second toothed ring 18, which surrounds and maintains the half-disc 14.

The first toothed ring 16 is mounted rotatably on the second toothed ring 18 via a ball-race 20, while this second toothed ring is mounted rotatably on a support 22, forming the device support, via another ball-race 24.

Figure 2 also shows means 26 of regulating the angle  $\alpha$  defined above and immobilising the half-disc 12 in relation to half-disc 14, when angle  $\alpha$  has been regulated to the desired value.

These means 26, which can be implemented by a professional technician, include a knurled button 28 which is rigidly locked with a pinion 30 whose rotation axis Y is parallel to axis X and whose rotation sets the toothed ring 16 in rotation around axis X.

The pinion 30 is fitted with a mechanism not shown which enables the rotation of this pinion 30 to be blocked and thus rotation of the toothed ring 16 to be blocked in relation to the toothed ring 18, when the desired value  $\alpha$  has been attained.

Figure 2 likewise shows the means 32 of rotating the assembly of half-discs 12 and 14 around axis X.

These means of rotation 32 comprise a motor 34 mounted on support 22 and which causes to rotate, around an axis Z parallel to axis X, via a belt 36, another pinion 38, which in its turn sets toothed ring 18 in rotation.

In the example shown in figures 1 and 2, the top face of half-disc 12, which is the closer to detector 4, and the bottom face of half-disc 14, which is further from detector 4, are convex; the convexity of these faces being calculated such that, in each of sectors I to IV, the thickness of the part formed by the two half-discs 12 and 14, the thickness crossed by the gamma radiation included in the solid detection angle and reaching the detector 4 is constant, whatever the angle of incidence of the said gamma radiation in relation to axis X of the part.

Such convexity of these faces is very important when the collimator has a large opening angle.



Furthermore, this convexity imposes a highly determined position on the flux radiation device 10 in relation to the detector 4.

With regard to the measurement accuracy (which is set by the device users), it is added that, if the rotational speed of the assembly of two half-discs is high, that is, if the number of rotations performed in a given time (counting time) is high, this number of rotations may be whole or not.

Conversely, if this rotational speed is low, that is, if the number of rotations performed during the counting time set by the users is low, this number of rotations should be whole to have a good measurement accuracy.

Furthermore, it is desirable that the distance between the detector 4 and the assembly of the two half-discs 12 and 14 be such that the edge effects on the half-discs may be considered negligible.

It must be noted that the use of a "spot" detector 4 makes these edge effects on the half-discs negligible.

This device in conformity with the invention is simple and enables a significant reduction of the direct gamma radiation flux "seen" by a collimated gamma spectrometry detector.

Purely by way of example and non-restrictively, a  $\Phi(E)/\Phi_0(E)$  little different from 1/36 is obtained for an  $\alpha$  angle of the order of 10° and a one thousandth thickness reduction, or little different from 1/26 for the same  $\alpha$  angle but a one hundredth thickness reduction.

This reduction in direct flux is attained without modifying the measurement geometry and without inducing a significant flux of diffused radiation, by using a dense material such as tungsten.

Moreover, the corrections to be made to the flux when analysing the spectrum obtained with the measurement system 6 are simple (no theoretical calculation requiring the use of a calculation code needs to be performed) and incorporate only very small uncertainties.

The attenuation of the device can be ascertained highly accurately.

Mechanical regulation of the  $\alpha$  angle may be performed highly accurately.

If the detector can be considered a point, the edge effects are negligible.

## CLAIMS

1. Device for reducing a radiation flux which it is desired to detect in a solid angle termed a solid detection angle, this device being characterised in that it comprises :



- a part (12, 14) capable of attenuating the radiation and provided with an aperture extending from the edge of the part to the centre of the latter, and
- means (32) of rotating the part around an axis termed the rotation axis and which passes through the centre of the latter,

such that by causing this axis to coincide with axis (X) of the solid detection angle, by placing the part such that the totality of the radiation included in the said solid angle crosses the part and the aperture in the latter and by rotating the part around the rotation axis, the solid detection angle is totally scanned at the end of one rotation of the part.

2. Device according to claim 1, characterised in that the aperture in the part (12, 14) is delimited by rectilinear edges containing the axis of rotation.

3. Device according to claim 2, characterised in that the part has two half-discs (12, 14) with the same diameter and the same axis, the latter forming the axis of rotation, one of these half-discs partly covering the other, such that the respective aperture edges are in diametric planes of the half-discs, which defines four sectors, that is, one sector (I) corresponding to the aperture, another sector (II) corresponding to the half-disc covering and two other sectors (III, IV) each corresponding to a part of a half-disc not covered by the other half-disc.

4. Device according to claim 3, characterised in that it has, moreover, means (26) of varying the angle ( $\alpha$ ) delimited by the edges of the aperture in the part.

5. Device according to either of claims 3 and 4, characterised in that the respective faces of the half-discs, faces which are not partly covered, are convex, such that, in each sector (I to III), the part thickness crossed by the radiation is constant, whatever the angle of incidence of the radiation in relation to the axis of rotation.

6. Device according to any of claims 1 to 5, characterised in that the part (12, 14) is capable of reducing the gamma radiation.

7. Radiation detection unit, this unit comprising :

- a radiation detector (4),
- a collimator (8) which defines a solid radiation detection angle, and
- a device (10) for reducing radiation flux, which is placed opposite this collimator (8),

this unit being characterised in that the device (10) is in conformity with any one of claims 1 to 6, in that the axis of rotation of the part which contains the device is merged with axis (X) of the solid detection angle and in that this part (12, 14) is situated such that the totality of the radiation included in the solid detection angle crosses this part and the aperture in the latter.







**FIG. 1**



FIG. 2

FRENCH REPUBLIC

2706627

NATIONAL INSTITUTE  
FOR PATENT RIGHTS.

PRELIMINARY RESEARCH

National registration no.

REPORT

FA 491193  
FR 9307181

drawn up on the basis of the  
most recent claims filed before  
the start of the research

DOCUMENTS	CONSIDERED RELEVANT	Claims concerned	
Category	Document reference, indicating where necessary the relevant sections	in the application under scrutiny	
A	US-A-5 107 529 (BOONE, J M) * column 1, line 61 - column 2, line 17 * * column 3, line 58 - column 5, line 12 * * column 7, line 45 - line 52 * * figures *	1-7	



A	US-A-4 591 231 (KAISER M & STIEPEK W) * column 1, line 34 - column 2, line 7 * US-A-5 107 529 (BOONE, J M) * column 1, line 61 - column 2, line 17 *	1	
			TECHNICAL FIELDS RESEARCHED (Int. Cl.5).
			G01T G21K
	Completion date of the research 17 March 1994		Examiner Datta, S
DOCUMENT	CATEGORY QUOTED		
A :	pertinent to at least one claim or overall technological background		

